

Vx – en måler for alle applikasjoner

Ved Paul Ove Moksnes, Framo Engineering AS

Vx flerfasemåler har vært på markedet siden år 2000. I løpet av denne tiden har det blitt solgt 1370 Vx målere totalt og rundt 320 subsea. Vx måleren er utstyrt med de samme komponenter topside som subsea, forskjellen ligger i hvordan komponentene er sammenstilt. Det vil si at Vx måleren dekker de samme måleapplikasjonene uansett om det er en topside eller subsea måler. Historisk har det vært flere applikasjoner i hva vi kan kalle oljemodus enn i gassmodus. Grensegangen mellom olje og våtgass varierer litt avhengig av hvem som blir spurt. Det kan være fornuftig å definere en grensegang som funksjon av GVF (Gassvolumraten dividert med total volumrate ved Vx trykk og temperaturbetingelser). Brukes GVF som grensemål er det noen som mener grensen for gassmodus, som kan være våtgass eller gass kondensat, starter ved 90% GVF. Andre igjen liker å definere en gassapplikasjon som funksjon av Lockhart-Martinelli tallet (LM eller X). I Handbook for Multiphase Metering rev. 2, ISBN-82-91341-89-3, nevnes det en grense for våtgass for X mindre enn 0.3. Håndboka, som er en svært nyttig lesing, kan finnes og lastes ned på www.nfogn.no.

Uansett grensegang og definisjoner kan den samme Vx måleren brukes for både olje og gassapplikasjoner. Det er noe av dette som er styrken og robustheten til Vx måleren. Dette er dokumentert i mer enn 150 publiserte papers og presentasjoner. Vx måleren har vært brukt i ekstreme applikasjoner som omhandler bitumen (tykflytende olje som blant annet blir brukt til vei og takdekke), SAGD (steam- assisted gravity drainage) og våtgassapplikasjoner der trykket er flere hundre bar. Mye av suksessen til Vx måleren ligger i det robuste måleprinsippet. Måleren bruker et nukleært måleprinsipp for å måle fraksjoner som baserer seg på et todelt energi prinsipp og en venturimåling for å måle total masse. Totalt summerer dette seg opp til fem måleparametre som brukes for å finne olje, vann og gassratene. Disse er to tellerater fra nukleærsystemet, temperatur, trykk og differensialtrykk over venturien. Temperatur og trykkmålingene brukes for å finne olje, vann og gassens PVT parametre som igjen brukes sammen med de nukleære telleratene for å finne olje, vann og gassfraksjonene. Differensialtrykkmåleren brukes for å finne total massestrøm igjennom venturien. Basert på denne informasjonen er det en ren algebraisk øvelse å regne olje, vann og gassvolumratene.

Det har i de senere år blitt et større og større behov i markedet for å måle uprosessert brønnstrøm i såkalte gassapplikasjoner. Vx målerens enkle og robuste måleprinsipp er også velegnet til disse applikasjonene. En utfordring i våtgass er å måle væskeandelen nøyaktig og spesielt splitten mellom kondensat og vann siden det er så lite væske tilstede i den totale brønnstrømmen. En figur som kan illustrere dette er vist under.

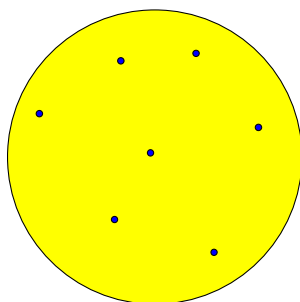


Figure 1 Gass og væskefordeling ved GVF over 99%.

Figuren illustrerer i en målestokkriktig figur en GVF noe over 99%. Det gule området er gass og de blå prikkene er væske. Dette er i den ekstreme enden av våtgassområdet hvor det er mye gass og veldig lite væske. Selv for disse applikasjonene kan væsken være av stor interesse og det er spesielt kunnskap om det er vann i væskefasen som kan være av interesse. Dette kan ha sammenheng med materialvalg i rørledning og behov for injeksjon av kjemikalier. Det er derfor av interesse å vite den absolutte vannvolumfraksjonen (vannvolumraten dividert med totalvolumraten) og endringer av denne i forhold til injeksjonsregime som skal velges. Det vil si at væsken og kunnskap om vannandel i væsken må holdes rede på. På grunn av måten V_x målingene er bygd opp og sammenhengen mellom de vil man ved en nøyaktig gassmåling også oppnå en nøyaktig væskemåling. Det vil si at det er mulig å benytte teknikker for å sikre en god gassmåling også indirekte resultere i gode væskemålinger. Første bud er at man ha kunnskap om noen fluidegenskaper for brønnstrømmen. Typisk er dette olje, vann og gasstetthet samt kunnskap om hydrokarbonkomponentfordeling for oljen og gassen. Dette er informasjon som finnes lett tilgjengelig i standard PVT rapporter. I tillegg til dette kan man benytte seg av en analyse av loggede telleratorene når måleren er under statiske betingelser, det vil si under planlagte eller ikke planlagte produksjonsstanser. I slike tilfeller vil måleren bli fylt med produksjonsgass og det er hensiktsmessig å bruke disse stansene som en mulighet for å verifisere godhet av målingene fra V_x 'en. Dette kan man visuelt gjøre ved å benytte løsningstriangleret som verktøy. I Figure 2 er vist et løsningstriangel der gasspunktet er vist oppe i høyre hjørne som et rødt punkt.

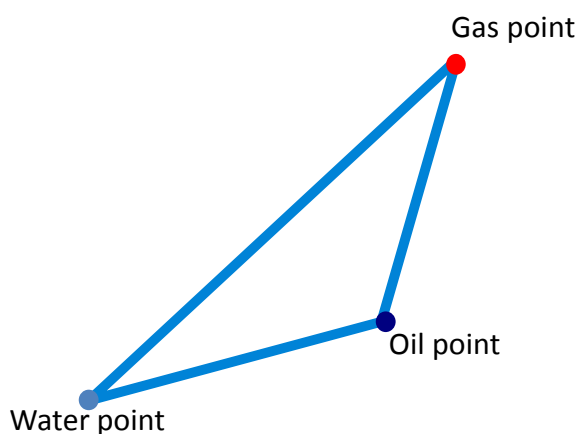


Figure 2 Løsningstriangleret som visuelt hjelpemiddel.

Under en produksjonsstand for en gassapplikasjon forventes det at operasjonspunktet ligger på gasspunktet. Dersom operasjonspunktet ikke ligger på gasspunktet kan man ved å gå nærmere inn i dataene vurdere årsaken og eventuelt oppdatere V_x konfigurasjonen slik at man får en måler som

har en optimal konfigurasjon i forhold til applikasjonen. Dette er en relativt rett frem operasjon siden det nukleære måleprinsippet er veldefinert og enkelt å regne på. Det nukleære ligningssettet for en gassfylt måler er vist i Figure 3.

$$\begin{aligned}
 1 &= \alpha_g \quad (\alpha_o = \alpha_w = 0) \\
 N^{le} &= N_0^{le} e^{-d(\mu_g^{le} \rho_g \alpha_g)} \\
 N^{he} &= N_0^{he} e^{-d(\mu_g^{he} \rho_g \alpha_g)}
 \end{aligned}$$

Figure 3 Nukleært ligningssett for gass.

Hvor:

$\alpha_o, \alpha_w, \alpha_g$ er hold-up fraksjoner av olje, vann og gass

N_0^{le}, N^{le} er lavenergi empty pipe og loggede tellerater

N_0^{he}, N^{he} er høyenergi empty pipe og loggede tellerater

μ_g^{le}, μ_g^{he} er lav og høy energy massedempning for gassen

ρ_o, ρ_w, ρ_g er tettheter av olje, vann og gass

d er venturidiameteren

Et viktig poeng for at ligningene som binder sammen disse variablene skal være robuste er at alle målingene blir foretatt på samme sted i måleren. For Vx'en blir dette gjort i trangeste tversnitt i venturien. Eksperimenter viser at strømningsmønsteret i venturien endrer seg raskt i ekspansjonsdelen av venturien. Strømningstekniske erfaringer viser at det er helt nødvendig å gjøre alle målingene på samme sted i venturien for å få robuste, korrelerte og koherente målinger.

Basert på evalueringer av kjente og ukjente variabler i ligningssettet over kan man relativt rett frem gjøre korrigeringer i forhold til faktiske observasjoner. Det vil si at Vx oppsettparametre blir forbedret med fysiske in-situ målinger. Forutsetningen er at oppsettet rundt måleren blir konfigurert for å logge de data som er tilgjengelige. Disse dataene er tilgjengelige fra måleren, det er bare en konfigurasjonssak å få kontrollsystemet å logge disse dataene. Dette er et eksempel på hvordan det er mulig å benytte egenskapene til måleren for å verifisere og validere målingene i våtgassapplikasjoner.

I tillegg til gode målinger av olje, vann og gassrater er det uttalt fra noen operatører at de også ønsker å detektere endringer av vannraten, eller når det er et vanngjennombrudd. I forhold til spesifiserte nøyaktigheter og sensitiviteter kan sensitiviteten økes for vanddeteksjon ved å benytte en statistisk tilnærming til analyse av telleratene for nukleærsystemet. Sensitiviteten til Vx'en er etablert igjennom et omfattende flow loop testprogram. I disse testene er holdetiden normalt ikke lengre enn 30 minutter pga leietid og testprogram ved loopen. Det er mulig å forbedre sensitiviteten ved å øke holdetiden, eller analysertiden for vannsensitiviteten. Det er igjen mulig pga av den enkle og robuste måleprinsippet. Årsaken til at vannsensitiviteten kan økes er at bidraget til vannsensitiviteten kommer fra den statistiske spredningen av telleratene. Det betyr at jo flere tellerater som legges til

grunn for beregning av vannsensitiviteten jo bedre sensitivitet kan estimeres. Dette oppnås ved å regne vannsensitiviteten over en lengre periode. Sammenhengen mellom statistisk spredning og loggetid er vist i uttrykket under.

$$\text{statistisk spredning} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{time}}}$$

Det uttrykket viser er at reduksjonen av den statistiske spredningen er omvendt proporsjonal med kvadratroten av tiden. Det vil si at ved å firedoble analysetiden, f.eks fra 30 minutter til 2 timer, så vil sensitiviteten blir dobbelt så god. Det vil igjen si at vanddeteksjonen blir dobbelt så god som beskrevet i den originale spesifikasjonen.

Oppsummert har poenget vært å vise at Vx måleprinsippet er enkelt, robust, allsidig, transparent og etterrettlig. Gitt disse egenskapene kan Vx målere benyttes for alle applikasjoner fra viskøse, emulsjonsrike tungoljer til gass kondensat felt. I denne oppsummeringa har det vært lagt spesielt vekt på hvordan noen av disse egenskapene kan utnyttes for våtgassapplikasjoner.